

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАЖДЕНИЯ СВИНЦОВОГО КОНЦЕНТРАТА ПРИ ОБОГАЩЕНИИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУД

С.Г. Агбалян, М.А. Хачатрян, Т.Р. Авагян

Национальный политехнический университет Армении

подавляющее большинство минерально-сырьевых ресурсов Республики Армения – это полиметаллические минералы, при разработке которых ценные металлы теряются в производственном цикле из-за несовершенства технологий. В процессе флотации трудно полностью отделить друг от друга сульфидные минералы различных металлов, а получить концентрат чистого свинца из полиметаллической руды практически невозможно. На основании вышеизложенного и учитывая технологические особенности процессов извлечения меди, цинка, свинца методом обогащения руды из местных полиметаллических минералов, изучены и испытаны возможности наиболее эффективного осаждения полиметаллического концентрата с высоким содержанием свинца. Тестируемое вещество представляет собой высокомолекулярный синтетический полиэлектролит на основе сополимеров акриламида. Он хорошо растворим в воде. Исследуемый реагент способен обеспечить высокую эффективность флокуляции при различных рН среды. Экспериментальным способом показано, как применяемый флокулянт быстро осаждает концентрат в воде, в результате чего получается чистый декантат. Эксперименты в средах с различными рН и полученные графические изображения позволили подобрать наиболее оптимальные параметры. Флокулянт – средство для очистки воды и восстановления прозрачности, которое собирает мелкие частицы.

В первой части эксперимента были изучены три различных типа флокулянта и выбран тот, который обеспечивал максимальную скорость процесса осаждения. Во второй части эксперимента отдельно изучалось поведение выбранного флокулянта марки Магнафлок 336 в различных рН среды. Результаты эксперимента показали, что все три марки флокулянта, прошедшие испытание, положительно влияют на скорость осаждения концентрата. Показано, что наиболее быстрый процесс с получением прозрачного декантата получается при применении флокулянта марки Магнафлок 336. Оптимальный рН среды осаждения равен 11,0. Низкое значение рН или его дальнейшее повышение способствуют замедлению процесса осаждения частиц.

Ключевые слова: полиметаллический концентрат, осаждение, флокулянт, слив, обогащение руды, параметр, извлечение, свинец.

Введение. Подавляющее большинство минерально-сырьевых ресурсов Республики Армения – это полиметаллические минералы. В них содержание базовых цветных металлов – меди, цинка, свинца, молибдена, золота и серебра,

а также сопутствующих им железа, рения, кадмия, сурьмы и ряда других ценных элементов удовлетворяет требованиям современного рынка с точки зрения прибыльной добычи и металлургической переработки. На действующих горно-обогатительных предприятиях методом селективной флотации из полиметаллических руд получают концентраты меди, цинка, свинца и молибдена, которые в качестве конечной продукции продаются в основном зарубежным металлургическим перерабатывающим компаниям. Последние покупают концентраты по их основному наименованию без учета других ценных элементов в них, за исключением золота.

Основной причиной потери ценных металлов в производственном цикле является несовершенство технологий. В процессе флотации трудно полностью отделить друг от друга сульфидные минералы различных металлов, а получить концентрат чистого свинца из полиметаллической руды практически невозможно. С этой точки зрения, представленная работа, касающаяся изучения процесса осаждения полиметаллических концентратов при обогащении, крайне актуальна и востребована.

Постановка задачи и обоснование методики. Избранный исходный материал – полиметаллический концентрат, получаемый в Капанском горно-обогатительном комбинате, который содержит, кроме минерала галенита (PbS), также большое количество сульфидов: халкопирит (CuFeS_2), сфалерит (ZnS), пирит (FeS_2) и др., а также пустые породы (SiO_2 , CaO , MgO и др.). Содержание ценных цветных металлов в указанном исходном материале достаточно высокое. В табл. 1 и 2 приведены минералогический и химический составы полиметаллического исходного концентрата.

Таблица 1

Минералогический состав полиметаллического исходного концентрата *, %

Минерал	PbS		CuFeS_2			ZnS		FeS_2	
Содержание, %	Pb	S	Cu	Fe	S	Zn	S	Fe	S
	86,6	13,4	34,6	30,5	34,9	67,1	32,9	86,6	13,4

* Анализ проведен на Капанском горно-обогатительном комбинате.

Таблица 2

Средний состав основных элементов в руде*, %

Cu	Pb	Zn	Fe	Au, г/т	Ag, г/т
0,57	0,31	4,21	6,31	3,04	59,37

* Анализ проведен в лаборатории Капанского горно-обогатительного комбината.

Для осаждения шлама использовали флокулянт магнафлок, который оказывает положительное влияние на процесс осаждения с целью разделения твердой фазы и жидкости. Конденсирование шлама - это процесс отделения твердых частиц из жидкого шлама под действием силы тяжести в конденсаторных машинах, в результате чего в полученный густой продукт входит небольшое количество воды. Конденсатор - это цилиндрический резервуар, где под действием силы тяжести твердые вещества путем осаждения (и перемешивания) отделяются от жидкости и с помощью скребков выгружаются через отверстия на дне резервуара.

Выбранный флокулянт должен удовлетворять следующим требованиям:

- молекулы флокулянта в своем составе должны иметь группы активных элементов, которые адсорбируются на поверхности твердых частиц;
- должен растворяться в воде;
- незначительное содержание флокулянта должно сразу повлиять на процесс осаждения [1, 2].

Тестируемый магнафлок представляет собой высокомолекулярный синтетический полиэлектролит на основе сополимеров акриламида. Он хорошо растворим в воде. Исследуемый реагент способен обеспечить высокую эффективность флокуляции при различных рН среды, так как он включает в себя различные заряды и широкий спектр полимеров разного молекулярного веса. Флокулянт - средство для очистки воды и восстановления прозрачности, которое собирает мелкие частицы, превращая их в большие хлопья, и восстанавливает прозрачность воды [3-5].

Результаты исследования. В первой части эксперимента был изучен магнафлок трех видов - AP25, 5250 и 336. Для экспериментальных работ отбирали 1 л измельченного шлама (рН=12,0). Дробление руды, как правило, осуществляли в шаровых мельницах в водной среде. По отдельности были добавлены флокулянты. Одновременно перемешивая и фиксируя время осаждения, фиксировались показатели эксперимента и составлялись кривые скорости осаждения (рис. 1, табл. 3).

На рис. 2 представлены результаты осаждения, полученные с применением флокулянтов марок Магнафлок AP25 (а) и Магнафлок 5250 (б). На рисунке зафиксирован временной промежуток завершения эксперимента, т.е. 40 мин с начала эксперимента. Очевидно, что процесс осаждения протекал почти с такой же скоростью.

Таблица 3

Индикаторы осаждения концентрата, рН-12,0

Продолжительность осаждения, мин	Магнафлок AP25	Магнафлок 5250	Магнафлок 336
0	1000	1000	1000
0,5	900	920	630
1	800	700	510
1,5	620	520	430
2,5	470	480	370
3,5	450	460	330
5,0	340	350	300
6,0	330	340	280
7,0	325	330	270
10,0	280	275	250
15,0	275	270	230
20,0	260	265	220
30,0	255	260	210
32,0	250	250	200
35,0	240	240	200
40,0	230	230	200
Конец	200	200	200

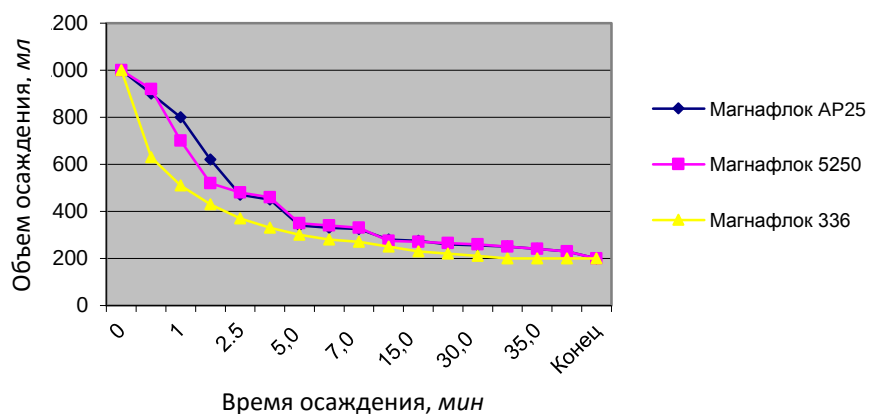


Рис. 1. Кривые процесса осаждения в зависимости от времени и скорости

Полученные результаты показывают, что самую высокую скорость процесса осаждения обеспечивает флокулянт марки Магнафлок 336 (рис. 3).



а) б)

Рис. 2. Конец осаждения:
а - Магнафлок AP25,
б - Магнафлок 5250



Рис. 3. Магнафлок 336

Во второй части эксперимента отдельно изучалось поведение флокулянта марки Магнафлок 336 при различных кислотностях среды: рН=10,5, рН=11,0, рН=12,5 [6]. Щелочная среда регулировалась добавлением СаО. Результаты экспериментов представлены в табл. 4 и на рис. 4.

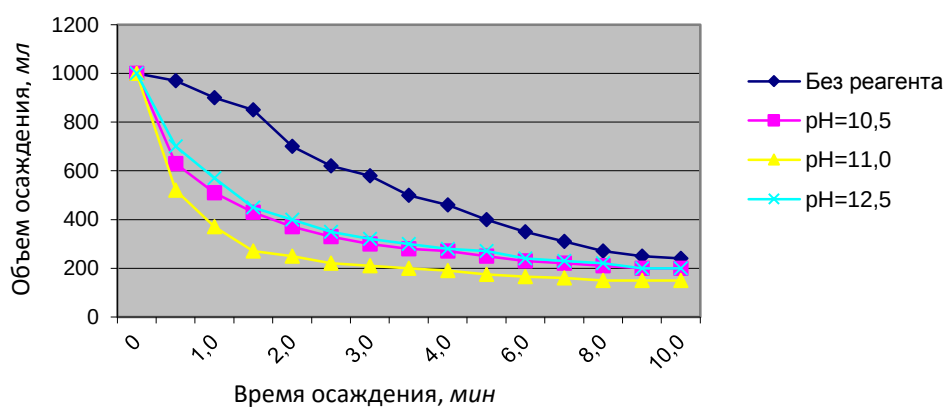


Рис. 4. Кривые осаждения при различных рН среды

Таблица 4

Показатели осаждения концентрата при различных рН среды

Время осаждения, мин	Без реагента	рН=10,5	рН=11,0	рН=12,5
0	1000	1000	1000	1000
0,5	970	630	520	700
1,0	900	510	370	570
1,5	850	430	270	450
2,0	700	370	250	400
2,5	620	330	220	350
3,0	580	300	210	320
3,5	500	280	200	300
4,0	460	270	190	280
5,0	400	250	175	270
6,0	350	230	165	240
7,0	310	220	160	230
8,0	270	210	150	220
9,0	250	200	150	200
10,0	240	200	150	200

Из графической зависимости (рис. 4) и показателей табл. 4 видно, что процесс осаждения концентрата наиболее эффективен при рН=11,0. На рис. 5 показан процесс осаждения концентрата при различных рН средах на 5-й минуте.



а) б) в) г)

Рис. 5. Процесс осаждения концентрата при использовании флокулянта марки Магнафлок 336 на 5-й минуте: а - без флокулянта: рН=12,0; б - рН= 12,5; в - рН=10,0; г - рН=11,0

В последней пробирке, изображенной на рис. 5 г, осаждение уже завершено: рН=11,0. Первая пробирка (рис. 5а) - это отборный исходный шлам, выбранный для эксперимента, к которому не добавляли флокулянт. рН шлама равен 12,0, а скорость осаждения - самая низкая. Получен мутный декантат.

Заключение. Результаты эксперимента показали, что все три марки флокулянта, прошедшие испытание, положительно влияют на скорость осаждения концентрата. Наиболее быстрый процесс с получением прозрачного декантата получается при применении флокулянта марки Магнафлок 336. Оптимальный рН среды осаждения равен 11,0. Низкое значение рН или его дальнейшее повышение способствуют замедлению осаждения частиц.

Литература

1. **Якубович И.А.** Флокуляция пульп и синтетические флокулянты полиакриламидного типа // Атомная энергия.- М., 1960.- Том 8, вып. 6.- С. 535-536.
2. **Баран А.А., Соломенцова И.М.** Флокулянты дисперсных систем водорастворимыми полимерами и их применение в водоочистке // Химия и технология воды.- 1983.- Т.5, №2.-С.120.
3. **Թահմազյան Ն., Հովհաննիսյան Ս., Թահմազյան Կ.** Պոլիմերային ֆլոկուլանտի կիրառմամբ ներկանյութ պարունակող հոսքաջրի մաքրումը ռեազենտային եղանակով // ՀՊՀՀ (Պոլիտեխնիկ) Լրաբեր. Գիտական և մեթոդական հոդվածների ժողովածու.- 2010.- Հ. 2, №2.- էջ 486-491:
4. **Селицкий Г.А., Уласовец Е.А., Ермаков Д.В.** Технологии очистки сточных вод горнорудных предприятий // Инновационные технологии в системах производственного водоснабжения: Сб. статей.- Екатеринбург, 2013.- С. 32-48.
5. **Куренков. В.Ф.** Полиакриламидные флокулянты / Казанский государственный технологический университет.- М.: Химия, 1997.- С. 57-63.
6. **Николаев А.Ф., Охрименко Г.И.** Водорастворимые полимеры.- Л., 1979.- 144 с.

*Поступила в редакцию 21.12.2021.
Принята к опубликованию 04.07.2022.*

**ԿԱՊԱՐԱՅԻՆ ԽՏԱՆՅՈՒԹԻ ՆՍՏԵՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ
ԲԱԶՄԱՄԵՏԱՂԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՀԱՐՍՏԱՑՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Ս.Գ. Աղբալյան, Մ.Հ. Խաչատրյան, Թ.Ռ. Ավագյան

Հայաստանի Հանրապետության հանքահումքային ռեսուրսների ճնշող մեծամասնությունը բազմամետաղային հանքանյութեր են, որոնց մշակման ժամանակ, տեխնոլոգիաների անկատարության պատճառով, արտադրական ցիկլում տեղի է ունենում արժեքավոր մետաղների կորուստ: Ֆլոտացման գործընթացում դժվար է տարբեր մետաղների սուլֆիդային միներալներն ամբողջությամբ առանձնացնել միմյանցից, իսկ զուտ կապարի խտանյութ ստանալ բազմամետաղային հանքաքարից գործնականորեն անհնար է: Ելնելով նշվածից և հաշվի առնելով տեղական բազմամետաղային հանքանյութերից հանքահարստացման եղանակով պղնձի, ցինկի, կապարի կորզման գործընթացների տեխնոլոգիական առանձնահատկությունները, ուսումնասիրվել և փորձարկվել են կապարի բարձր պարունակությամբ բազմամետաղային խտանյութի առավել արդյունավետ նստեցման հնարավորությունները: Հետազոտվող ազդանյութը ներկայացնում է բարձր մոլեկուլային սինթետիկ բազմաէլեկտրոլիտ, որի հիմքը ակրիլամիդն է: Այն լավ լուծվում է ջրում, ունակ է ապահովելու ֆլոկուլյացիայի բարձր արդյունավետություն pH-ի տարբեր միջավայրերում: Փորձնական եղանակով ցույց է տրված, թե ինչպես է կիրառվող ֆլոկուլյանտը ջրում արագ նստեցնում խտանյութը, ինչի արդյունքում ստացվում է մաքուր պարզվածք: pH-ի տարբեր միջավայրերում փորձարկումները և գրաֆիկական պատկերները թույլ են տվել ընտրել առավել օպտիմալ պարամետրեր: Ֆլոկուլյանտը ջուրը մաքրելու և թափանցիկությունը վերականգնելու միջոց է, որը մեծացնում է ջրում գտնվող մանր մասնիկները:

Գիտափորձերի առաջին մասում հետազոտվել են ֆլոկուլյանտի 3 տարբեր տեսակի մակնիշներ, և ընտրվել է դրանցից այն, որն ապահովում է նստեցման գործընթացի ամենաբարձր արագությունը: Ելնելով փորձերի արդյունքներից՝ գիտափորձի երկրորդ մասում առանձին ուսումնասիրվել է ընտրված մագնաֆլոկ 336 մակնիշի վարքը pH-ի տարբեր պայմաններում: Հետազոտության արդյունքում բացահայտվել է, որ փորձարկման ենթարկված ֆլոկուլյանտի 3 տեսակի մակնիշները լավ են ազդում խտանյութի արագ նստեցման վրա: Ցույց է տրված, որ առավել արագ և մաքուր պարզվածք ստացվում է մագնաֆլոկ 336 մակնիշի կիրառմամբ, օպտիմալ նստեցման միջավայրը՝ pH=11,0: Ցածր pH-ը կամ դրա հետագա բարձրացումը նպաստում են մասնիկների նստեցման դանդաղեցմանը:

Առանցքային բառեր. բազմամետաղային խտանյութ, նստեցում, ֆլոկուլյանտ, պարզվածք, հանքահարստացում, պարամետր, կորզում, կապար:

STUDYING THE PROCESS OF SETTING THE LEAD CONCENTRATE AT THE ENRICHMENT OF MULTIMETAL ORES

S.G. Aghbalyan, M.H. Khachatryan, T.R. Avagyan

The vast majority of the ore and raw materials resources of Republic of Armenia are polymetallic minerals, during the development of which, due to the imperfection of technologies in the production cycle, valuable metals are lost. In the process of flotation, it is difficult to completely separate the sulfide minerals of various metals from each other, and it is almost impossible to obtain a concentrate of pure lead from a multimetal ore. Proceeding from the above, and taking into account the technological features of the extraction of copper, zinc, lead by leaching from local polymetallic minerals, the possibilities of the most effective deposition of polymetallic concentrate with a high lead content were studied and tested. The substance under study is a high-molecular synthetic polyelectrolyte, the basis of which is acrylamide. It dissolves well in water, is able to provide high flocculation efficiency in various pH environments. The experimental method shows how the flocculant is quickly dissolved in water, resulting in pure clarity. Experiments and graphic images in various pH environments allowed to choose the most optimal parameters. A flocculant is a means to purify water and restore transparency, which increases the fine particles in the water.

In the first part of the experiment, three different types of flocculant brands were investigated and those that provide the highest speed of the planting process were selected. Based on the experimental results, in the second part of the experiment, the behaviour of the selected flocculant of the 336 brand under various pH conditions was studied separately. As a result of the study, it was revealed that three brands of flocculant tested have a good effect on the rapid planting of the concentrate. It is shown that the fastest and purest clarity is manifested with the use of the magnafloc 336 brand. The optimal planting medium is pH=11. An increase in the pH level, or its subsequent increase helps to slow down the shrinkage of particles.

Keywords: polymetallic concentrate, plant, flocculant, drain, mining, parameters, extracting, lead.